

УДК 669.056.9

**А. Ю. Плесовских<sup>2\*</sup>, С. Е. Крылова<sup>2</sup>, С. П. Оплеснин<sup>1</sup>**<sup>1</sup> ООО «Технология», г. Оренбург<sup>2</sup> Оренбургский государственный университет, г. Оренбург\* *elgopefatal@gmail.com*

## РАЗРАБОТКА МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОЙ ПОРШКОВОЙ КОМПОЗИЦИИ ДЛЯ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ НЕФТЕГАЗОДОБЫВАЮЩЕЙ ОТРАСЛИ

Разработана и подготовлена порошковая композиция с содержанием упрочняющей карбидной фазы для промышленной технологии холодного газопламенного напыления. Исследована гранулометрия порошковой композиции. Произведен анализ микроструктуры и основных характеристик напыленного износостойкого покрытия и переходной зоны.

*Ключевые слова:* холодное газопламенное напыление, нефтегазовое машиностроение, карбидное упрочнение, многокомпонентные порошковые композиции, износостойкость

**A.Yu. Plesovskikh, S. E. Krylova, S. P. Oplesnin**

## DEVELOPMENT OF METALLURGICAL POWDER COMPOSITIONS WITH TUNGSTEN CONTENT FOR RESTORATION OF OIL AND GAS ENGINEERING DETAILS

A powder composition with the content of the hardening carbide phase for the industrial technology of cold flame spraying was developed and prepared. Granulometry of the powder composition was studied. The analysis of the microstructure and the main characteristics of the sprayed wear-resistant coating and the transition zone.

*Key words:* cold flame spraying, oil and gas engineering, carbide hardening, multicomponent powder compositions, wear resistance

**И**зносостойкое покрытие деталей нефтегазодобывающей отрасли должно иметь удовлетворительную дисперсную структуру и комплекс физико-механических характеристик, отвечающих усло-

виям эксплуатации. В соответствии с требованиями к определенным деталям была разработана порошковая композиция (представленная в таблице), обладающая оптимальным составом для упрочнения рабочей поверхности изделия.

Известно, что подобные составы используют для получения покрытий, стойких против коррозии, и работы в условиях агрессивных сред [1].

Для контроля размерности порошковой композиции перед напылением был произведен фракционный анализ с помощью растрового электронного микроскопа. На рис. 1 представлена гранулометрия пороков ПР-Х18Н9 и Рэлита, в таблице представлен химический состав напыляемых порошков.

Таблица

Химический состав напыляемых порошков

Наименование порошка	Содержание в композиции, %	Химический элемент, %						
		Fe	Cr	Ni	Si	C	Mn	W
Х18Н9	70	Основа	18,6	10,0	0,38	0,07	0,53	—
Рэлит	30	0,11	—	—	—	4	—	95,84

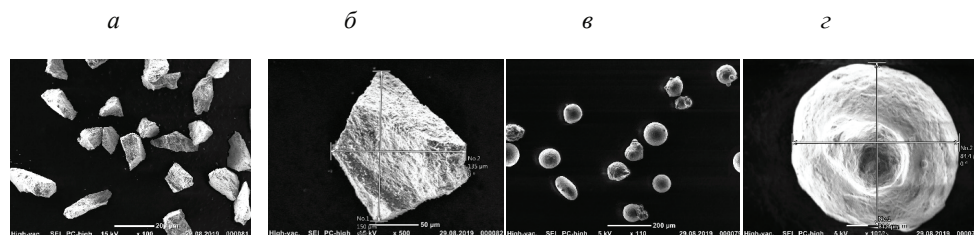


Рис. 1. Фракционный анализ напыляемых порошков:

*а* — общий вид порошка на основе вольфрама; *б* — размерность фракции Релита; *в* — ПР-Х18Н9; *з* — размерность фракции Прх18Н9

Анализ структуры покрытия показал, что при газотермическом напылении удалось получить удовлетворительное сцепление покрытия с подложкой. Толщина покрытия оптимальна и варьируется в пределах от 0,8 до 1 мм. Известно, что с увеличением толщины более 1,5 мм возникают внутренние напряжения, которые могут привести к отслаиванию покрытия. Структура напыленного слоя представлена на рис. 2.

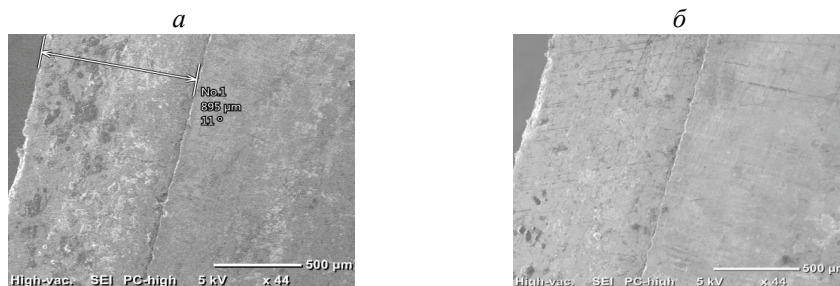


Рис. 2. Структура поверхностного слоя, полученного газопламенным напылением:

*a* — толщина напыленного слоя; *б* — микроструктура слоев

Так как механизм получения покрытия холодным газотермическим напылением основан на высокоскоростном ударе расплавленных частиц о подложку металла, структура поверхностного слоя характеризуется образованием и затвердеванием ламелей параллельно подложке [2]. Между ламелями имеются мелкие поры, окислы, включения карбидов вольфрама. Микротвердость исследуемого покрытия составляет около 1100 HV. Металлографический анализ напыленного слоя показал, что структура поверхностного слоя представляет собой металлическую основу (а–Fe) с равномерно усвоенными частицами по границам ламелей.

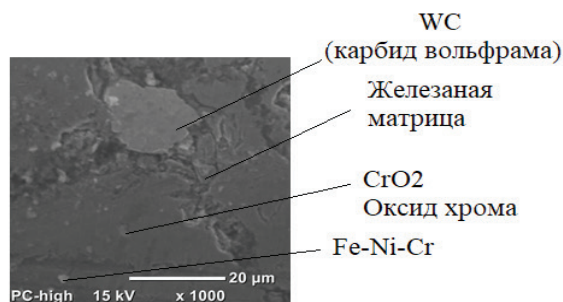


Рис. 3. Металлографический анализ напыления

Сформированное в процессе напыления покрытие превосходит литой материал с более высокой твердостью по износостойкости. В условиях абразивного износа покрытия также показывают высокую стойкость. Пористость полученного покрытия составляет 5–7 %. При этом

смазка при эксплуатации легко распространяется по поверхности, прочно на ней удерживается и заполняет поры, наблюдается эффект самосмазывания. Все эти факторы позволяют прогнозировать продолжительную безаварийную работу изделия, поверхность которого упрочнена с применением технологии газопламенного напыления в условиях сложного комбинированного изнашивания в присутствии агрессивных сред.

### **Литература**

1. Свойства газотермических покрытий [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.avcd.ru/svoystva-gazotermicheskikh-pokryitiy.html> (дата обращения: 25.10.2019).
2. Харламов Ю. А., Полонский Л. Г. Газотермическое напыление. Современное состояние и перспективы развития // Вісник Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля. 2016. № 2. С. 5–19.